

BEST AVAILABLE COPY

Brushless motor has position sensor which detects the rotor position and accordingly power supply to a stator coil is changed

Patent number: DE10033561
Publication date: 2001-06-21
Inventor: HANS HELMUT [DE]
Applicant: PREC MOTORS DEUTSCHE MINEBEA G [DE]
Classification:
- **international:** H02P6/14; H02P6/20
- **european:** H02P6/16
Application number: DE20001033561 20000711
Priority number(s): DE20001033561 20000711; DE19991032787 19990714

Abstract of DE10033561

The control circuit controls the drive circuit to change the power supply to a stator coil (12), based on the rotor position detected by position sensor. An Independent claim is also included for rotation control method of brushless motor.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 33 561 A 1**

⑥1 Int. Cl.⁷:
H 02 P 6/14
H 02 P 6/20

②1 Aktenzeichen: 100 33 561.6
②2 Anmeldetag: 11. 7. 2000
④3 Offenlegungstag: 21. 6. 2001

DE 100 33 561 A 1

⑥6 Innere Priorität: 199 32 787. 4 14. 07. 1999	⑦2 Erfinder: Hans, Helmut, Dr., 78112 St Georgen, DE
⑦1 Anmelder: Precision Motors Deutsche Minebea GmbH, 78549 Spaichingen, DE	
⑦4 Vertreter: Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131 Lindau	

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektronisch kommutierter Motor mit Kommutierungssignal

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor, bei dem zur Kommutierung zunächst die Ausgangssignale einer Mehrzahl von entsprechend angeordneten Hallsensoren zur Generierung eines mehrstelligen digitalen Codes ausgewertet werden, und bei dem nach dem Anlauf des Motors nur noch eine Stelle des Codes durch Auswertung des Ausgangssignales eines einzigen Hallsensors generiert wird während die restlichen Stellen des digitalen Codes einer in einem elektronischen Logikbaustein als Bitmuster gespeicherten Tabelle entnommen oder mittels eines entsprechenden Algorithmus bestimmt werden. Vorteil dieser Maßnahme ist, dass die Kommutierung nicht mehr von der Lagetoleranzabhängigen Anordnung mehrerer Hallsensoren abhängt, sondern zum bestmöglichen Zeitpunkt erfolgt.

DE 100 33 561 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor und ein Verfahren zum Betrieb dieses Motors nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche 1 und 9.

Der Einfachheit halber und zum besseren Verständnis wird in der Beschreibung in erster Linie von einem permanentmagnetisch erregten Dreiphasenmotor gesprochen, dessen Phasen in bekannter Weise angeordnet sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf eine Ausführungsform mit drei Phasen beschränkt, sondern in vollem Umfang auch auf Ausführungen mit mehr als drei Phasen und/oder mehr als einem Permanent-Magnetpolpaar anwendbar.

Die Ansteuersignale für die einzelnen Phasen werden von entsprechenden Positionssensoren erzeugt. Gemäß dem Stand der Technik werden als Positionssensoren bevorzugt Hallelemente oder Hall ICs eingesetzt. Der gegenseitige Drehwinkelabstand bzw. der im Bogenmass angegebene Abstand der einzelnen Halls zueinander ist abhängig von der Anzahl der Magnetpolpaare, wobei die exakten Kommutierungszeitpunkte nur dann gewährleistet sind, wenn die Abstandstoleranz der Positionssensoren gleich Null ist. In der Praxis ist diese Forderung nicht realisierbar, so dass die Bestimmung der von den betreffenden Halls angesteuerten Phasenwicklungen entweder zu früh oder zu spät einsetzt.

Solche fehlerhaften Kommutierungen haben einen Anstieg der Drehmomentwelligkeit des Motors zur Folge, was einerseits zu verstärkten Vibrationen führt und andererseits eine exakte Positions- oder Drehmomentssteuerung erschwert.

Eine Positioniergenauigkeit für die Halls von $\pm 0,1$ mm ist beispielsweise nur mit extrem grossem Aufwand realisierbar und genügt den Anforderungen um so weniger, je weiter das Sensorsystem des Motors miniaturisiert wird.

Dieses Problem ist insbesondere bei Motoren mit grösserer Polpaarzahl noch wesentlich stärker ausgeprägt, da hierbei der einem 'elektrischen' Drehwinkel entsprechende 'mechanische' Winkelabstand, unter dem die Halls angeordnet werden müssen immer kleiner wird.

Insbesondere, wenn die Außenabmessungen dieser Motoren in Anpassung an entsprechende Einbaueverhältnisse immer kleiner werden, so daß auch der Radius des Kreises, auf dem Halls angeordnet werden, abnimmt, vergrößert sich – bei gleicher Positioniergenauigkeit – der daraus resultierende prozentuale Winkelfehler.

Je kleiner also der Motor und je größer die Zahl der Magnetpolpaare, um so kritischer wirken sich die Positionstoleranzen der Hallsensoren als Winkelfehler in Bezug auf den (die) Kommutierungszeitpunkt(e) der betreffenden Phasenwicklung(en) aus.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, die mittels Hall-Sensoren erzeugten Kommutierungssignale präziser und weniger toleranzbehaftet zu generieren, so dass die Kommutierung nicht mehr von entsprechend dimensionsbehafteten Streuungen bezüglich der Anordnung dieser Hall-Sensoren auf der Leiterplatte abhängig ist.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt durch die technischen Lehren der selbständigen Patentansprüche 1 und 9.

Wichtig im Sinne der Erfindung ist, dass nach dem Anlauf des Motors nur noch die Ausgangssignale eines einzigen Positionssensors als Signalquelle ausgewertet werden. Der Anlauf erfolgt – wie bisher auch – unter Berücksichtigung der toleranzbehafteten Ausgangssignale von wenigstens zwei mit derselben Taktfrequenz arbeitenden Positionssensoren.

Alle weiteren Kommutierungszeitpunkte werden aus der Taktfrequenz dieser einen Signalquelle abgeleitet, wobei die

Taktfrequenz dieser einen Signalquelle ein ganzzahliges Vielfaches (entsprechend der Anzahl der Phasen) der Taktfrequenz ist, mit der die übrigen, für einen drehrichtungskonformen Motoranlauf benötigten, Positionssensoren angesteuert werden. Als Signalquelle mit der höheren Taktfrequenz kann zum Beispiel ein weiterer Hallsensor vorgesehen sein, der über eine zusätzliche Magnetspur mit entsprechend höherer Polpaarzahl angesteuert wird. Die höhere Taktfrequenz kann aber auch von einem der mit der niedrigeren Taktfrequenz arbeitenden Positionssensoren abgeleitet werden, dessen niedrige Taktfrequenz durch ein hierfür geeignetes Verfahren der Signaltechnik entsprechend aufbereitet und vervielfacht wird.

Die Hallsensoren sind auf einer feststehenden Leiterplatte angeordnet, während sich die mit dem Rotor fest verbundene Steuermagnetscheibe im Abstand Z_1 um die gemeinsame Z-Achse dreht.

Im Falle eines zusätzlichen Hallsensors H4 sind die Halls H1, H2 und H3 um 30° mechanisch (entsprechend 60° elektrisch) gegeneinander auf einem Kreisbogen um Z mit dem Radius R1 angeordnet, wobei R1 dem mittleren Radius der inneren Magnetspur 1 (zwei Polpaare) entspricht.

Der zusätzliche Hallsensor H4 ist beispielsweise diametral zu H2 auf einem Kreisbogen mit dem Radius R2 angeordnet, wobei R2 etwa dem mittleren Radius der äußeren Magnetspur 2 ($3 \times 2 = 6$ Magnetpolpaare) entspricht.

Wenn beispielsweise der Hallsensor jeweils von einem Nordpol auf logisch "1", und dementsprechend von einem Südpol auf logisch "0" geschaltet wird, ergibt sich bei Drehung der Steuermagnetscheibe ein in den späteren Zeichnungen noch zu erläuterndes Zustandsdiagramm. Da man bereits unmittelbar nach dem ersten Zustandswechsel anhand einer Wahrheitstabelle feststellen kann, ob der Motor in die gewünschte Richtung dreht, kann schon kurz nach dem Anlauf des Motors, frühestens jedoch nach dem ersten Zustandswechsel, auf den mit der höheren Frequenz getakteten Hallsensor H4 umgeschaltet werden.

Nach dem Umschalten werden die Kommutierungszeitpunkte ausschließlich vom Ausgangssignal des Hallsensors H4 vorgegeben. Dieser Zustand kann bis zum erneuten Stillstand des Motors beibehalten werden. Wichtig ist aber, dass vor einem Neuanlauf, spätestens also im Stillstand, die Zustandssignale der übrigen Halls wieder aktiviert werden müssen, damit beim nächsten Anlauf des Motors die aktuelle Rotorstellung eindeutig verifiziert werden kann. Um dies gewährleisten zu können, müssen in diesem Betriebszustand auch die Signale der übrigen Hall-Sensoren H1–H3 ausgewertet werden.

Erfindungsgemäss wird also in einem ersten Lösungssatz, ausgehend vom Stand der Technik, vorgeschlagen, ein viertes Hall H4 und eine zweite Steuermagnetspur vorzusehen, um die exakten Kommutierungszeitpunkte aus der höheren Taktfrequenz des zusätzlichen Hallsensors ableiten zu können.

Anhand der sich ergebenden Wahrheitstabelle erkennt man, dass bei einem permanentmagnetisch erregten Dreiphasenmotor für eine eindeutige Positions- und Drehrichtungserkennung prinzipiell nur drei Hallsensoren benötigt werden. Neben dem Hallsensor H4 mit der höheren Taktfrequenz und einer zusätzlichen zweiten Steuermagnetspur werden also nur noch zwei weitere Halls z. B. H2 und H3 benötigt anstelle der zunächst vorgeschlagenen drei Halls H1, H2 und H3. Diese Lösung ist kostengünstiger, da insgesamt, dem Stand der Technik entsprechend, wiederum nur drei Halls verwendet werden. In diesem Fall wird der Motor mit H2, H3 und H4 gestartet und nach dem Start, frühestens nach dem ersten Zustandswechsel, nur noch H4 ausgewertet.

Ab diesem Zeitpunkt werden also die Signale der übrigen Halls nicht mehr berücksichtigt, so dass die Kommutierungszeitpunkte toleranzfrei nur noch vom Zustandswechsel des Halls H4 vorgegeben werden. Die Ansteuerung der die Spulenströme schaltenden Leistungstransistoren erfolgt beispielsweise über einen vorgeschalteten μ -Prozessor.

Erfindungsgemäss wird also in einem zweiten Lösungsansatz vorgeschlagen, die vom Stand der Technik ausgehende Mindestanzahl von Positionssensoren zu verwenden, wobei jedoch einer dieser Positionssensoren auf einem Kreisbogen mit einem anderen beispielsweise einem grösseren Radius angeordnet ist und über eine zweite Magnetspur mit entsprechend höherer Polpaarzahl angesteuert wird. Dieser Positionssensor liefert dann die zur Bestimmung der exakten Kommutierungszeitpunkte benötigte höhere Taktfrequenz.

In einem dritten erfindungsgemässen Lösungsansatz wird vorgeschlagen, die zur Bestimmung der exakten Kommutierungszeitpunkte benötigte höhere Taktfrequenz durch ein geeignetes und an sich bekanntes Verfahren der Signaltechnik aus der Taktfrequenz eines der mit der üblichen niedrigen Taktfrequenz angesteuerten Positionssensoren H1 oder H2 oder H3 z. B. durch Frequenzvervielfachung herzuleiten.

Die Erfindung ist nun dadurch gekennzeichnet, dass zum Starten des Motors die Zustandssignale von allen Hall-Sensoren ausgewertet werden, dass aber nach dem Anlauf des Motors die Kommutierung nur noch von den Zustandssignalen eines einzigen Hall-Sensors ausgelöst wird. Es handelt sich also um ein neuartiges Verfahren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass zunächst in der ersten Phase zum Anlauf des Motors die relativ dimensionsabhängigen und dadurch fehlerbehafteten Kommutierungssignale aus einer Mehrzahl von in der Ebene zueinander versetzten Hall-Sensoren gewonnen werden, und dass frühestens nach zum Anlauf des Motors die relativ dimensionsabhängigen und dadurch fehlerbehafteten Kommutierungssignale aus einer Mehrzahl von in der Ebene zueinander versetzten Hall-Sensoren gewonnen werden, und dass frühestens nach dem ersten Zustandswechsel eines der Hall-Sensoren die Kommutierungssignale nur noch aus einem einzigen Hall-Sensor gewonnen werden, während die von den anderen Hall-Sensoren erzeugten Signale unberücksichtigt bleiben. Wichtig ist also, dass nach dem Start nur ein einziger Hall-Sensor als Taktgeber für die Kommutierung des Motors zuständig ist. Damit werden lagetoleranzabhängige Streuungen der Kommutierungssignale vermieden, weil eben nur noch die Zustandssignale eines einzigen Hall-Sensors für die Kommutierung des Motors ausgewertet werden.

In einer Ausführungsform eines Motors mit drei Phasen werden also drei oder mehr Sensorsignale ausgewertet, aus denen ein mindestens dreistelliger, digitaler Code gebildet wird. Dieser digitale Code ist die Referenz dafür, in welcher Phasenlage sich der Rotor relativ zum Stator gerade befindet.

Zum Startzeitpunkt liegt ein bestimmter Code vor, z. B. Code 1-0-0. Bezüglich einer vorgegebenen bzw. beabsichtigten Drehrichtung weiß man dann aber auch, welche Codes als nächstes folgen, nachdem sich der Rotor in Bewegung gesetzt hat.

Bei entgegengesetztem Drehsinn des Rotors würden diese Codes in der entgegengesetzten Richtung abgearbeitet werden.

Nachdem man durch Abfrage und Auswertung der von den Hallsensoren bereitgestellten Zustandssignale den aktuellen Code für die Stillstandsposition kennt, sind auch die benachbarten und alle anschließenden Codes bekannt, wobei je nach Drehrichtung, mit jedem Zustandswechsel eine

Stelle des Codes geändert und der entsprechende nächstfolgende Code generiert wird.

Im folgenden wird erläutert, dass die beschriebenen Prinzipien nicht nur für einen dreiphasigen Motor gelten, sondern auch für Motoren mit mehr als drei Phasen.

Grundsätzlich gilt, dass ein dreiphasiger Motor mit bipolarer Ansteuerung sechs verschiedene Zustände in der Ansteuerung der Phasen benötigt. Es handelt sich demgemäss um einen sechspulsigen Motor. Die verwendete Polpaarzahl besagt nun, nach welchem mechanischen Rotordrehwinkel ein voller elektrischer Zyklus durchlaufen ist, dabei gilt: je 60 Grad elektrisch entsprechen 30 Grad mechanisch. Bei mehrphasigen Motoren mit mehr als drei Phasen gelten analoge Verhältnisse.

Zur Kommutierung eines dreiphasigen Motors mit zwei Polpaaren wird also eine Folge von sechs verschiedenen Codes benötigt entsprechend den sechs verschiedenen, zu einem elektrischen Zyklus gehörigen, Zustandswechseln (ein Zyklus gleich 360 Grad elektrisch entsprechen 180 Grad mechanisch oder einer halben Umdrehung).

Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Erfindung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Patentansprüche untereinander.

Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung, offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungswege darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor.

Es zeigen:

Fig. 1: Schematisiert ein erstes Ausführungsbeispiel einer Motorschaltung eines dreiphasigen Motors mit vier Hall-Sensoren;

Fig. 2: Die schematisierte Anordnung der Hall-Sensoren auf einer stationären Leiterplatte, und deren Zuordnung zu einer mit dem Rotor drehfest verbundenen Steuermagnetscheibe, deren Magnetpolpaare die Hall-Sensoren ansteuern.

Fig. 3: Die Signale der einzelnen Hall-Sensoren zu der daraus abgeleiteten Codetabelle.

Fig. 4: Eine gegenüber **Fig. 1** abgewandelte Ausführungsform einer Motorschaltung unter Verwendung von drei Hall-Sensoren;

Fig. 5: Die sich aus der Steuerschaltung nach **Fig. 4** ergebenden Signale der verwendeten drei Hall-Sensoren in Verbindung zu der in Tabellenform dargestellten zugehörigen Codefolge.

In **Fig. 1** ist allgemein eine Steuerschaltung für einen dreiphasigen Motor 20 dargestellt, dessen Phasen U, V, W über die Phasenleitungen 26 bestromt werden.

Die Phasenleitungen 26 sind mit einer Leistungsendstufe 23 verbunden, in der eine Mehrzahl von Leistungstransistoren angeordnet sind, die ihrerseits von Kommutierungssignalen 24a, b, c über Steuerleitungen 24 angesteuert werden. Die gesamte Endstufe 23 wird von einer Hauptstromversorgung 25 gespeist.

Die Erzeugung der Kommutierungssignale 24a, b, c erfolgt beispielsweise über einen Hall-Encoder 21, der von einer Versorgungsspannung 22 versorgt ist.

Wichtig ist, dass am Motor 20 nun insgesamt vier verschiedene Hall-Sensoren 2, 3, 4, 5 verteilt angeordnet sind, die nachfolgend auch mit dem Buchstaben H1 bis H4 be-

zeichnet werden.

Die von diesen Hall-Sensoren 2-5 kommenden Zustandssignale werden im Encoder 21 in nicht näher dargestellter Weise zu den, die Leistungstransistoren ansteuernden, Kommutierungssignalen 24a, b, c umgeformt.

Die Fig. 2 zeigt in perspektivischer Ansicht und beispielhaft für die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten anhand eines schematisierten Ausführungsbeispiels das Wirkprinzip, nach welchem die auf einer gehäusefesten Leiterplatte 1 angeordneten Hall-Sensoren 2-5 von mit der Rotordrehzahl umlaufenden Magnetpolen angesteuert werden.

Wegen der kreisringförmigen Anordnung der Steuermagnetpole werden die Hall-Sensoren im angeführten Beispiel durch axiale, also parallel zur Rotationsachse gerichtete, Feldkomponenten angesteuert. Die Erfindung schließt jedoch auch Lösungen ein, bei denen entsprechend ausgerichtete Hall-Sensoren von den radialen Feldkomponenten z. B. eines entsprechend magnetisierten Polrades angesteuert werden.

Die beiden miteinander in Wirkbeziehung stehenden Funktionskomponenten, nämlich die mit dem Rotor fest verbundene Steuermagnetscheibe 10 und die mit den Hall-Sensoren 2-5 bestückte Leiterplatte 1 sind dicht übereinander liegend und in Bezug zur gemeinsamen Achse 15 zueinander fluchtend im Abstand 7 - hier stark gedehnt dargestellt - im oder am Motor angeordnet.

Auf der Steuermagnetscheibe 10 aus magnetischem Material befinden sich zwei kreisringförmige konzentrisch angeordnete Spuren 11 und 12 mit zwei Magnetpolpaaren 14 auf der inneren Spur 11 und sechs Magnetpolpaaren 13 auf der äusseren Spur 12.

Über die zur Achse 15 parallelen Hilfs- bzw. Projektionslinien 19 soll angedeutet werden welcher der Hall-Sensoren von welcher der Spuren angesteuert wird und welcher Magnetpol in der dargestellten Konstellation den jeweiligen Schaltzustand des betreffenden Halls bestimmt. Rotor und Scheibe 10 sollen sich in Pfeilrichtung 18 drehen.

Die Hall-Sensoren 2 bis 4 sind auf einem inneren Kreisbogen 8 mit einem gegenseitigen Winkelabstand von 60° angeordnet, der Hall-Sensor 5 dagegen auf einem äusseren Kreisbogen 9 dem Hall-Sensor 3 diametral gegenüberliegend. Die den Pollängen auf der äusseren Spur 12 entsprechenden Winkelabschnitte 6, 6' von jeweils 30° markieren zugleich die jeweiligen Polübergänge.

Die dargestellte Anordnung der Hall-Sensoren auf der Leiterplatte ist ebenso wie die Anordnung und Aufteilung der Magnetpolen auf der Steuerscheibe beispielhaft und lediglich eine von mehreren möglichen Gestaltungsvarianten.

In Fig. 3 sind die Schaltzustände der einzelnen Hall-Sensoren dargestellt mit dem dazugehörigen Code, wobei die Fig. 3a-3d jeweils den zeitlichen Verlauf der zu den Hall-Sensoren H1-H4 gehörigen Ausgangssignale 29-32 zeigen, die sich ergeben wenn die Steuerscheibe 10, wie in Fig. 2 angedeutet, in Pfeilrichtung 18 weiterdreht.

Einem vollen elektrischen Zyklus X1-X6 ist dabei insgesamt eine Folge von 6 unterschiedlichen Zustandskombinationen zugeordnet, aus denen sich die in Fig. 3e dargestellte vierstellige digitale Codefolge ergibt.

Dadurch, dass der auf dem radial äusseren Kreisbogen angeordnete Hall-Sensor H4 von der äusseren Spur 12 mit der dreifachen Zahl von Magnetpolpaaren 13 angesteuert wird, im Vergleich zur inneren Spur 11, welche die auf dem inneren Kreisbogen angeordneten Hall-Sensoren H1-H3 ansteuert, ergibt sich, dass das Ausgangssignal von H4 die dreifache Schaltfrequenz besitzt verglichen mit der Schaltfrequenz der zu den Hall-Sensoren H1-H3 gehörigen Ausgangssignale 30-32.

Durch die unterschiedlichen Zustände der einzelnen Aus-

gangssignale 29-32 ergibt sich in der Codetabelle 28 dargestellte vierstellige digitale Codefolge, wobei beispielsweise im Zustandsbereich X1 die Signale 29, 30 der Hall-Sensoren H3 und H4 "On" sind, während die Signale 31, 32 der Hall-Sensoren H1 und H2 "Off" sind, was durch die Ziffern 1 und 0 im Bereich X1 in der Codetabelle von Fig. 3e dargestellt ist.

Bezüglich der Zustandsbereiche X1 bis X6 wird also die Codetabelle mit sechs unterschiedlichen Zuständen durchlaufen, wobei die einzelnen Zustände in dem Hall-Encoder voneinander unterschieden und daraufhin die entsprechenden Kommutierungssignale 24a, b, c generiert werden.

Es ist im übrigen unwesentlich im Sinne des Erfindungsgedankens, dass der äussere Hall-Sensor 4 auf dem äusseren Kreisbogen 9 mit dem größeren Radius R2 liegt. Es könnte auch umgekehrt vorgesehen werden, dass die Hall-Sensoren H1-H3 auf dem äusseren Kreisbogen 9 liegen und der Hall-Sensor H4 auf dem inneren Kreisbogen 8. Wichtig ist nur, dass ein Hall-Sensor, in diesem Fall beispielsweise H4, von der dreifachen Polpaarzahl der Steuermagnetscheibe angesteuert wird, als vergleichsweise die übrigen Hall-Sensoren H1-H3.

Es kommt also für die Verwirklichung des Erfindungsgedankens nicht notwendigerweise darauf an, dass die äussere Spur 12 sechs Polpaare aufweist.

Bei Motoren mit mehr als drei Phasen können auch andere Polpaar-Verhältnisse von Magnetpolpaaren 13, 14 auf der inneren Spur 11 im Vergleich zu denen auf der äusseren Spur 12 verwendet werden.

Es gilt lediglich, dass die Magnetpole auf einer der beiden Spuren, z. B. auch der äusseren Spur 12 ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl an Magnetpolen auf der anderen Spur, z. B. der inneren Spur 11, bilden.

In Fig. 4 ist im Vergleich zur Fig. 1 eine abgewandelte Ausführungsform mit insgesamt drei Hallsensoren H2-H4 dargestellt. Anhand der Fig. 5 wird nachgewiesen, dass auch mit dieser verminderten Anzahl von Hall-Sensoren (H2-H4) der Erfindungsgedanke verwirklicht wird.

Die Codetabelle in der Fig. 5d zeigt, dass sich - im Vergleich zur Codetabelle 28 nach Fig. 3e - im Hinblick auf die Zustände X1-X6 ebenfalls sechs voneinander unterscheidbare Zustände ergeben. Dies heisst, es kann dieselbe Funktion auch mit insgesamt nur drei Hall-Sensoren verwirklicht werden.

Damit ist nachgewiesen, dass bei einem dreiphasigen Motor im Sinne der Erfindung sowohl drei als auch vier Hall-Sensoren verwendet werden können.

Zeichnungslegende

- 1 Leiterplatte
- 2 Hall-Sensor (H1)
- 3 Hall-Sensor (H2)
- 4 Hall-Sensor (H3)
- 5 Hall-Sensor (H4)
- 6 Winkelabstand (30°)
- 7 mechanischer Abstand (Z1)
- 8 innerer Kreisbogen (R1)
- 9 äusserer Kreisbogen (R2)
- 10 Steuermagnetscheibe
- 11 innere Spur
- 12 äussere Spur
- 13 Magnetpolpaar (äussere)
- 14 Magnetpolpaar (innere)
- 15 Z-Achse
- 16 Winkelachse (stationär)
- 17 rotierende Winkelachse
- 18 Pfeilrichtung

19 Projektionslinie
 20 Motor
 21 Hall-Encoder
 22 Versorgungsspannung
 23 Leistungsendstufe
 24 Steuerleitung 24a, b, c Kommutierungssignale
 25 Hauptstromversorgung
 26 Phasenleitung
 27 Impuls on
 28 Codetabelle
 29 Signal
 30 Signal
 31 Signal
 32 Signal

Patentansprüche

1. Elektronisch kommutierter Motor, bei dem die Ausgangssignale einer Mehrzahl von entsprechend angeordneten Hallsensoren ausgewertet werden zur Generierung eines mehrstelligen digitalen Codes anhand dessen die Bestromung der jeweiligen Phase(n) des Motors in Bezug auf Kommutierungszeitpunkt und Stromrichtung erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Bestromung der betreffenden Phase(n) beim Anlauf des Motors die Signale (29–32) aller Hallsensoren (2–5), mindestens aber die zur eindeutigen Stellungs- und Drehrichtungserkennung benötigte Anzahl berücksichtigt und ausgewertet werden und frühestens nach dem ersten Zustandswechsel des in der Tabelle (28) beispielhaft angegebenen mehrstelligen digitalen Codes nur noch das Signal (29) eines einzigen Hallsensors (5) berücksichtigt und ausgewertet wird.
 2. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Anlauf des Motors nur noch eine Stelle des mehrstelligen digitalen Codes durch Auswertung des Ausgangssignales eines einzigen Hallsensors (5) generiert wird und die restlichen Stellen des digitalen Codes einer in einem elektronischen Logikbaustein als Bitmuster gespeicherten Tabelle entnommen oder mittels eines entsprechenden Algorithmus bestimmt werden.
 3. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Taktfrequenz des einen Hallsensors (5) von dem die Kommutierung der Phasen nach dem Anlauf abgeleitet wird, ein ganzzahliges Vielfaches der Taktfrequenz der übrigen Hallsensoren (2–4) ist.
 4. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Weiterschaltung des digitalen Codes entsprechend Tabelle (28) durch den Zustandswechsel des Ausgangssignals (29) des einen weiterverwendeten Hall-Sensors (5) ausgelöst wird.
 5. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die höhere Frequenz des einen zur Kommutierung weiterverwendeten Hall-Sensors (5) durch eine gegenüber den anderen Hall-Sensoren (2–4) höhere Anzahl magnetisierter Elemente (13, 14) einer Steuermagnetscheibe (10) bewirkt wird, die drehfest mit dem Rotor verbunden ist.
 6. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die höhere Frequenz des einen zur Kommutierung verwendeten Hall-Sensors (5) mittels eines Polrades mit einer entsprechend höheren Polzahl erzeugt wird.
 7. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

die höhere Frequenz aus dem Ausgangssignal eines mit niedriger Frequenz arbeitenden Hall-Sensors durch Frequenzvervielfachung mittels eines geeigneten Verfahrens der Signaltechnik erzeugt wird.

8. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzvervielfachung mittels analog und oder digital arbeitender elektronischer Bauelemente bzw. Schaltungen erfolgt.

9. Verfahren zur Steuerung eines elektronisch kommutierten Motors, bei dem zunächst die Ausgangssignale einer Mehrzahl von entsprechend angeordneten Hallsensoren ausgewertet werden zur Generierung eines mehrstelligen digitalen Codes anhand dessen die Bestromung der jeweiligen Phase(n) zum Anlauf des Motors in Bezug auf Kommutierungszeitpunkt und Stromrichtung erfolgt und bei dem nach dem Anlauf des Motors nur noch eine Stelle des Codes durch Auswertung des Ausgangssignales eines einzigen Hallsensors generiert wird während die restlichen Stellen des digitalen Codes einer in einem elektronischen Logikbaustein als Bitmuster gespeicherten Tabelle entnommen oder mittels eines entsprechenden Algorithmus bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Verfahrensschritt, wenigstens bis zum ersten Zustandswechsel eines in der Tabelle (28) beispielhaft wiedergegebenen mehrstelligen digitalen Codes alle Ausgangssignale (29–32) der Hall-Sensoren (2–5) mindestens jedoch die zur eindeutigen Stellungs- und Drehrichtungserkennung erforderliche Anzahl untersucht und ausgewertet werden zur Verifizierung der Drehrichtung des Motors (20), dass in einem zweiten Verfahrensschritt entschieden wird, in welcher Richtung die Sequenzen der Folgecodes gemäss Tabelle (28) abgearbeitet werden müssen, und dass im dritten Verfahrensschritt, frühestens nach dem ersten Zustandswechsel des mehrstelligen digitalen Codes nur noch das Signal (29) des einen alleine weiterverwendeten, mit höherer Frequenz arbeitenden Hall-Sensors (5) ausgewertet wird.

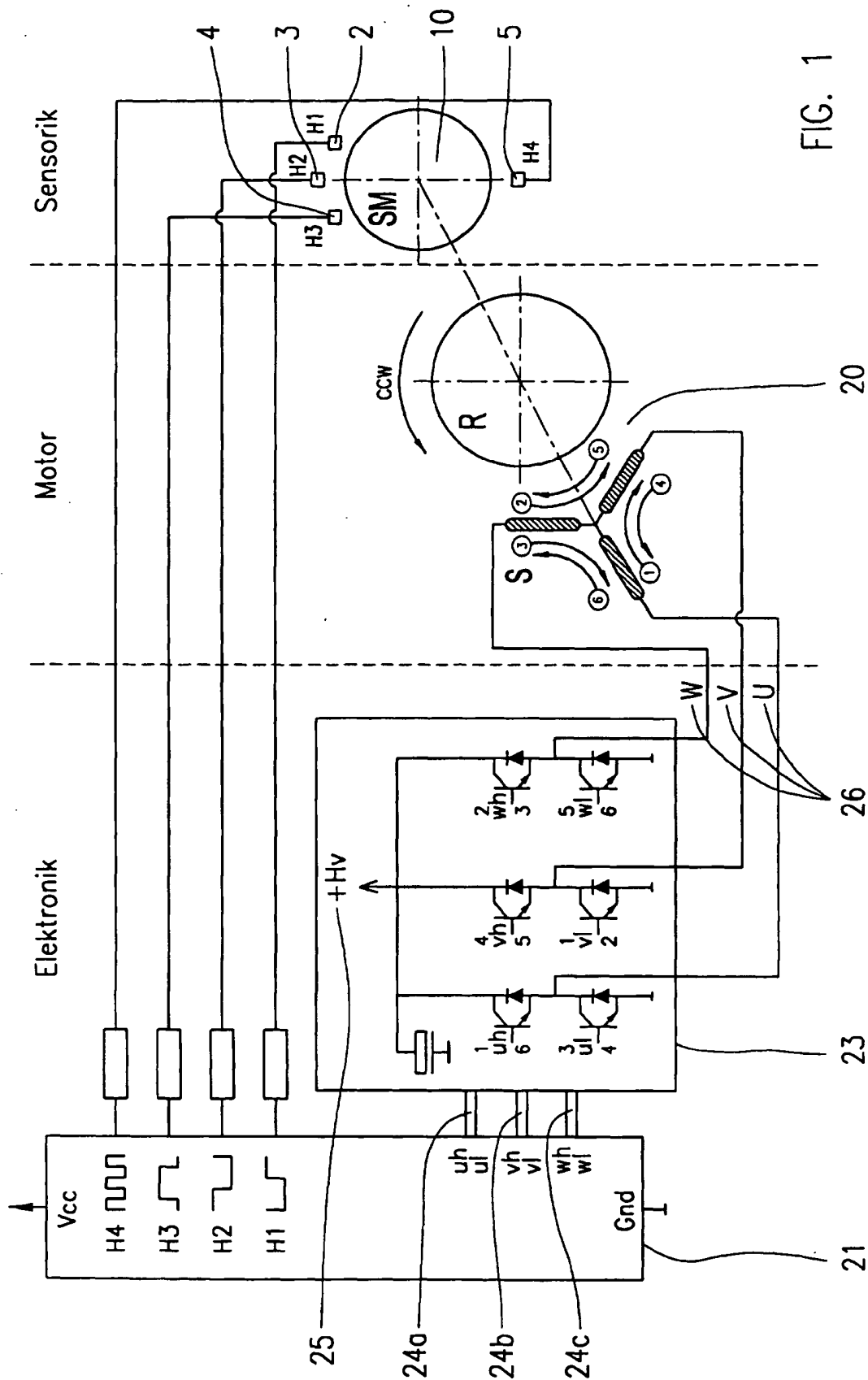
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass für die Generierung und oder Fortschaltung des mehrstelligen digitalen Codes ausschliesslich oder wahlweise das von dem Hall-Sensor (5) erzeugte Signal (29) ausgewertet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–10, dadurch gekennzeichnet, dass spätestens im Stillstand vor einem Neuanlauf des Motors (20) die Signale (29–32) aller zur Verfügung stehenden Hall-Sensoren (2, 3, 4, 5) ausgewertet werden.

12. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem dreiphasigen Motor (20) insgesamt 4 Hall-Sensoren (2–5) verwendet werden.

13. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem dreiphasigen Motor (20) insgesamt 3 Hall-Sensoren (3–5) verwendet werden.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



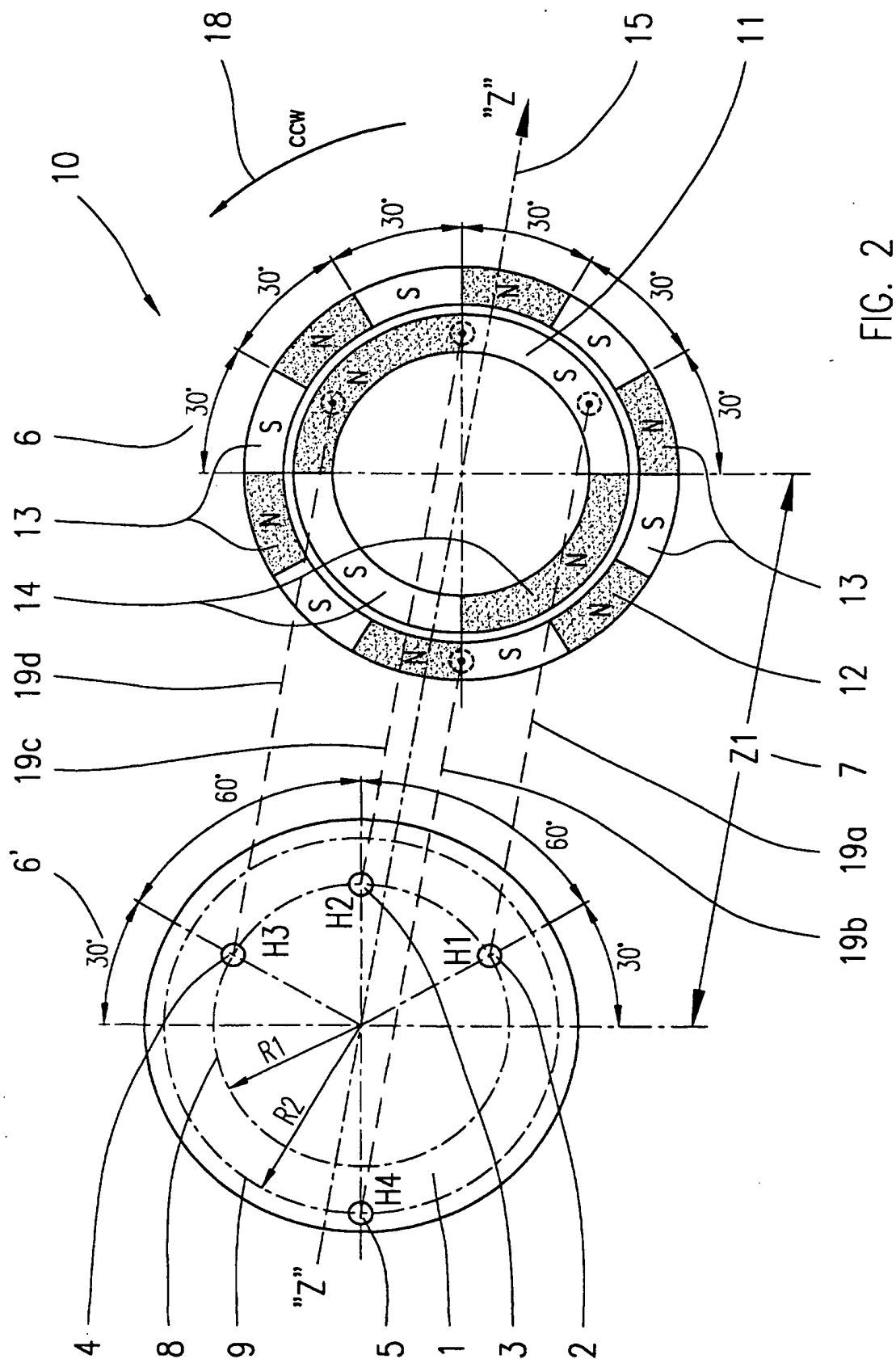
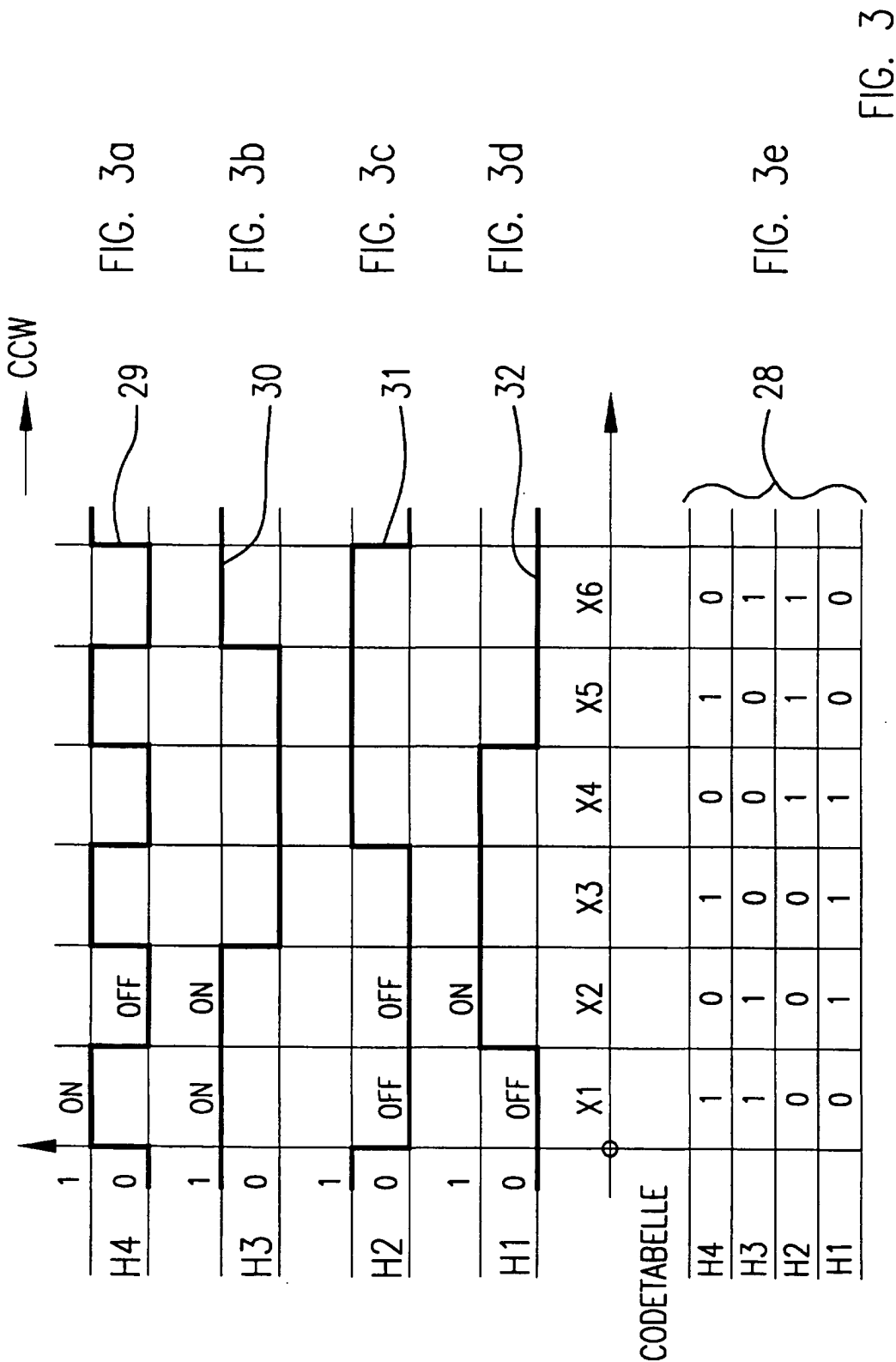


FIG. 2



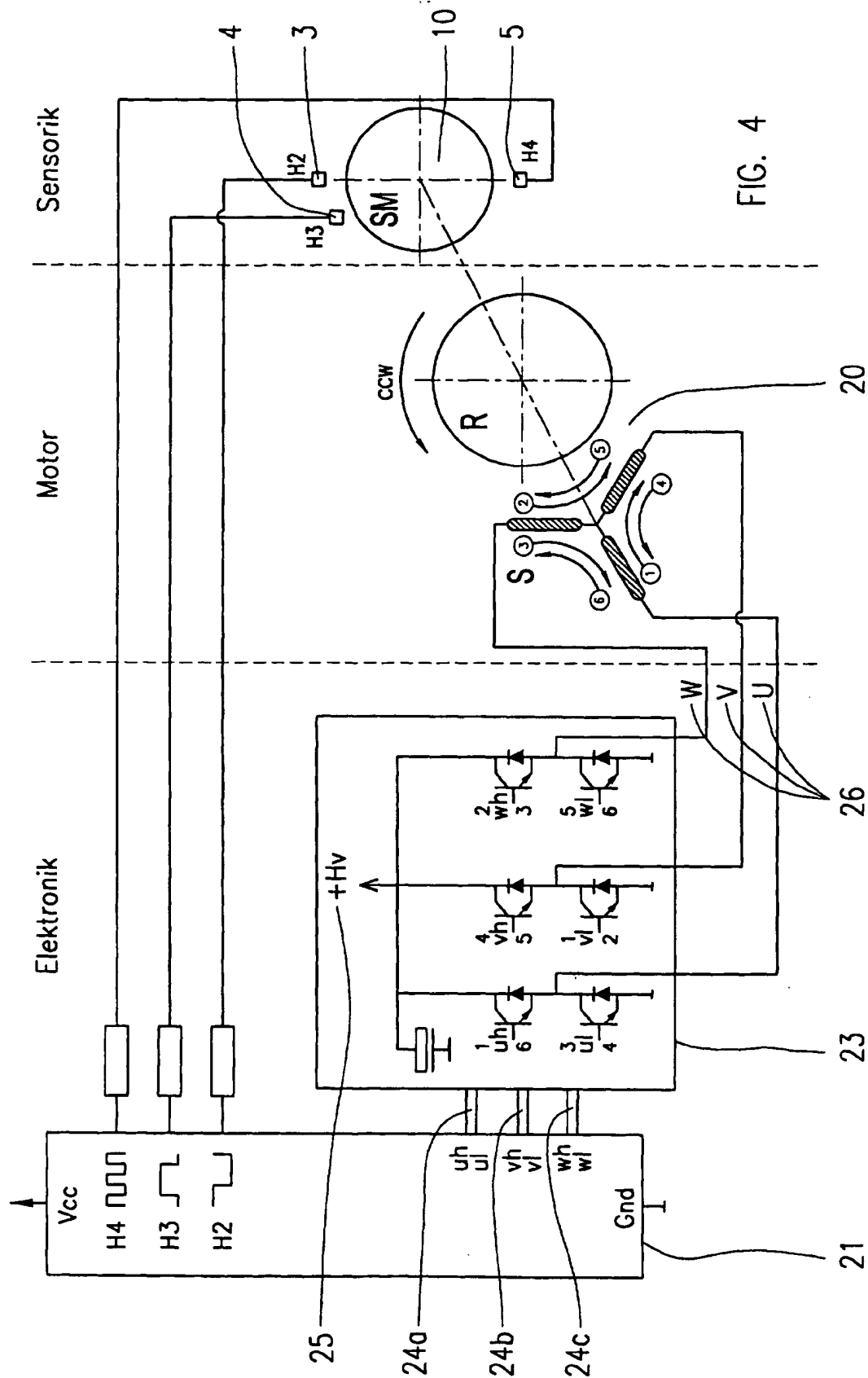
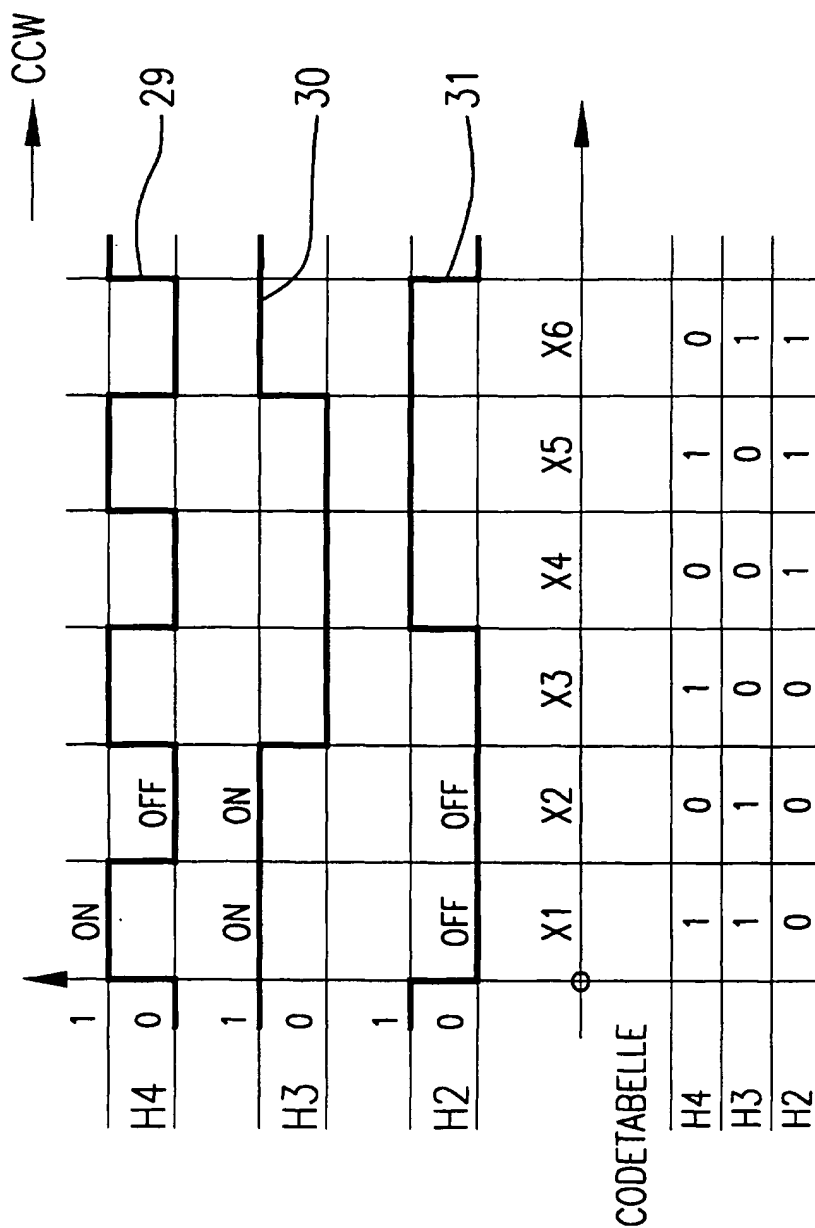


FIG. 5d

FIG. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.